ارزیابی تاثیر درصد پلیمر و میزان نرم کننده بر ویژگی های فیزیکی، مکانیکی و ریز ساختار فیلم خوراکی کتیرا به منظور کاربرد در بسته بندی مواد غذایی

سمیه بهرام[1*]، سیده زهرا جعفرپور[2]

۱- گروه شیلات، واحد قائم شهر، دانشگاه آزاداسلامی، قائم شهر، ایران

۲- دانش آموخته تکثیر و پرورش آبزیان، واحد قائم شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم شهر، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۶ /۰۲/۰۹ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۲۲)

چکیده

استفاده از غلظت مناسب مواد اولیه از جمله پلیمر و نرم کننده برای بدست آوردن بهترین ویژگی های فیزیکی و مکانیکی فیلم های خوراکی به منظور بسته بندی و نگهداری مواد غذایی ضروری است. هدف از مطالعه حاضر بدست آوردن بهترین ترکیب پلیمر و نرم کننده به منظور تولید فیلم کتیرا براساس ویژگی های فیزیکی، مکانیکی و ساختاری فیلم می باشد. بدین منظور ابتدا ویژگی های فیزکی، مکانیکی و ساختاری فیلم کتیرا در غلظت های مختلف ۰/۵، ۰/۷۵، ۱و ۱/۲۵ بررسی شد. نتایج نشان داد افزایش غلظت پلیمر سبب افزایش ضخامت، نفوذ پذیری بخار آب، حداکثر کشش تا قبل از نقطه پارگی، از فیلم شد و همچنین سبب کاهش زاویه تماس و انتقال عبور نور شد. با توجه به نتایج، غلظت های مختلف گلیسرول شامل ۲۰، ۳۰ و ٤٠ درصد به فیلم کتیرا با غلظت ۰/۷۵٪ افزوده شد. غلظتهای کمتر گلیسرول خواص مکانیکی، ساختاری و فیزیکی بهتری را نشان داد. در مجموع بهترین غلظت ترکیبی کتیرا و گلیسرول در مطالعه حاضر به ترتیب ۰/۷۵٪ و ۲۰٪ بوده است.

کلید واژگان: فیلم خوراکی، کتیرا، گلسیرول، ویژگی های فیلم

*مسئول مکاتبات: Bahramsomi@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]

۱- مقدمه

امروزه استفاده از فیلم های خوراکی برای بسته بندی مواد غذایی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. فیلم های خوراکی غذا را در مقابل نفوذ گازها محافظت نموده و ترکیبات فعال افزوده شده به این مواد از فساد جلوگیری می کند و کیفیت مواد غذایی را در طول انبارداری و حمل ونقل حفظ می کند. فیلم های خوراکی دارای منشا متفاوتی از جمله پروتئین ها، پلی ساکاریدها، و چربی ها می باشند. در بین این ترکیبات فیلم های با منشا پلی ساکاریدی فراوان تر و دارای خصوصیات مطلوب تری هستند. پلی ساکارید ها به دلیل ماهیت پلیمری دارای قابلیت تولید فیلم می باشند. پلی ساکاریدهای مورد استفاده در تهیه فیلم ها و پوشش های خوراکی شامل نشاسته، کربوهیدرات های غیرنشاسته ای، صمغ ها و فیبرها است [۱].

صمغ تراگاکانت یا کتیرا در ایران به میزان بسیار زیاد وجود دارد. ایران به دلیل داشتن تنوع آب و هوایی و مناطق صحرایی و کوهستانی، محیط مناسبی برای رشد این گیاه است. این ماده بی مزه و بی بو است و در بازار به صورت قطعات مسطح، نوار مانند، چین خورده، رشته ای شکل و نا منظم به رنگ های سفید یا مایل به زرد و غالبا کدر وجود دارد. کتیرا قابلیت تشکیل فیلم را دارد و فیلم‌های حاصل از آن دارای کشش پذیری بالا و استحکام پایین هستند [۲]. در سال های اخیر پژوهش محدودی در زمینه تولید فیلم های خوراکی با استفاده از صمغ ها به تنهایی انجام شده است. اما در پژوهش های متعددی صمغ ها بصورت کامپوزیت با بیوپلیمرها و ترکیبات دیگر برای تولید فیلم مورد استفاده قرار گرفته اند [۳ و ٤]. در این میان مطالعاتی در زمینه فیلم های حاصل از کتیرا به عنوان ماده اولیه در تولید فیلم خوراکی مشاهده نشده است.

یکی از عوامل مهم در تولید فیلم مطلوب انتخاب نوع نرم کننده است. به طوریکه بسته به ماهیت پلیمر، تاثیر نوع نرم کننده می تواند متفاوت باشد. در همین راستا می توان به لیپیدها به عنوان یک ترکیب غیرقطبی اشاره کرد که در کاهش نفوذپذیری به بخارآب فیلم می تواند نقش موثری ایفا نماید. در عین حال عدم ایجاد ساختار یکنواخت در برخی از فیلم ها سبب تضعیف خواص مکانیکی نامطلوب می‌گردد. علاوه بر ماهیت نرم کننده اندازه و شکل نرم کننده نیز می تواند در ایجاد خواص مطلوب یا نامطلوب فیلم نقش داشته باشد، به طوری که کاهش وزن مولکولی نرم‌کننده سبب افزایش انعطاف‌پذیری فیلم می‌شود. علت این پدیده را می توان به پراکنش مطلوب تر به درون بستر پلیمر و کاهش نیروی بین مولکولی دانست [۵].

با توجه به اهمیت تولید فیلم ها و پوشش های خوراکی زیست تخریب پذیر در صنعت غذا، هدف از این مطالعه، تولید فیلم خوراکی از صمغ کتیرای بومی ایران و مطالعه مشخصات فیزیکی و مکانیکی آن و بررسی تاثیر درصد های مختلف گلیسرول به عنوان نرم کننده یا پلاستی سایزر بر ویژگی های فیلم های حاصل می باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- تهیه مواد اولیه

صمغ کتیرا از نوع صدفی از فروشگاه گیاهان دارویی شهرستان قائمشهر تهیه شد. تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

۲-۲- تهیه محلول کتیرا

در این تحقیق از صمغ کتیرا تجاری استفاده شد. به منظور بررسی اثر درصد پلیمر فیلم های کتیرا با مقادیر مختلف کتیرا برحسب وزن خشک پلیمر شامل ۰/۵، ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ درصد تهیه شد. بدین منظور ابتدا غلظت های مختلف کتیرا با انحلال پودر کتیرا در محلول اسید استیک (v/v، ٪ ۱) تهیه گردید و پس از انحلال محلول حاصل برای جداسازی مواد حل نشده سانتریفیوژ گردید [٦]. پس از ٤ ساعت هم زدن Tween ۸۰ به عنوان امولسیفایر به میزان ۲ درصد اضافه شد و عمل هم زدن به مدت نیم ساعت در دمای ٤۰ درجه سانتی گراد ادامه یافت. در مرحله بعد پس از یافتن میزان بهینه درصد پلیمر، میزان بهینه نرم کننده گلیسرول در فیلم تهیه شده با درصد بهینه پلیمر شامل ۲۰، ۳۰ و ٤۰ درصد تهیه و خواص آن مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲-۳- ارزیابی ویژگی های فیزیکی فیلم ها

ضخامت فیلم: ضخامت نمونه ها با یک ریز سنج دیجیتالی(۰/۰۰۱ میلی متر،Mitutoyo ساخت ژاپن) اندازه گیری

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]

شد. اندازه گیری ها در پنج نقطه از هر نمونه تکرار شد. میانگین ضخامت محاسبه شده و در تعیین مقاومت کششی و نفوذ پذیری به بخار آب استفاده گردید [۷].

زاویه تماس فیلم ها: به منظور اندازه‌گیری زاویه تماس فیلم‌ها، از روش قطره چسبنده (Sessile drope) با دستگاه گونیومتر (goniometer مدل PG-X ساخت کشور سوئیس) اندازه گیری گردید. ۳/۵میکرولیتر آب دیونایزر، در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، بر روی ابعاد ۵×۵ سانتیمتر در سطح فیلم ریخته و تانژانت زاویه قطره آب با سطح فیلم، به عنوان زاویه قطره آب (contact angle) و برای مقایسه میزان آب‌دوستی فیلم در نظر گرفته شد.

اندازه گیری میزان نفوذ پذیری فیلم ها در برابر بخار آب: برای انجام این آزمایش از روش شماره ۹۶ E مصوب ASTM استفاده گردید [۷]. برای انجام آزمایش درون سلول های اندازه گیری نفوذ پذیری، آب ریخته شد. سپس سطح سلول بوسیله روکش با استفاده از پارافین مذاب پوشانده شد. سلول ها درون دسیکاتور حاوی سیلیکاژل قرار گرفتند. آب در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، رطوبت ۱۰۰ درصد ایجاد می کند. اختلاف رطوبت در دو سمت روکش در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد گرادینت فشار بخاری معادل۱۰۳ × ۲/۳۳۷ پاسکال ایجاد می کند. تغییرات وزن سلول ها طی زمان با استفاده از یک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه گیری شد. در تمام نمونه ها با رسم منحنی تغییرات وزن سلول نسبت به زمان، یک خط راست ($R2>۰/۹۹$) حاصل شد. نرخ انتقال بخار آب معادل با شیب خطوط حاصله تقسیم بر سطح سلول بود و از رابطه زیر حاصل شد. سطح سلول ها۰/۰۰۲۸۷ متر مربع بود.

سطح سلول /شیب خط = نرخ انتقال بخار آب

از ضرب نمودن نرخ انتقال بخار آب در ضخامت روکش ها و تقسیم آن در اختلاف فشار موجود در دو سمت روکش میزان نفوذپذیری بخار آب به دست آمد. یک سلول اندازه گیری نفوذپذیری فاقد آب، که توسط روکش پوشانده شده بود به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. هدف اندازه گیری رطوبتی بود که جذب روکش شده اما از آن عبور نکرده بود.

میزان عبور نور از فیلم‌ها: نمونه های فیلم به صورت چهار گوش بریده شدند و در سمت درونی سلول اسپکتروفوتومتر (طیف نورسنج) قرار گرفتند. طیف جذب (۲۰۰-۸۰۰ نانومتر) برای هر نمونه با بکار گیری اسپکتروفوتومتر، ثبت شد [۸].

۲-٤- اندازه گیری خواص مکانیکی فیلم:

آزمایشات کشش با استفاده از دستگاه Instron universal testing machine انجام گرفت. روکش ها به شکل مستطیل به ابعاد ۹×۱سانتیمتر مربع بریده شدند. فاصله بین دو فک دستگاه ۵ سانتیمتر و سرعت حرکت فک ها ۳۰ میلیمتر بر دقیقه انتخاب شد. فاکتورهایی شامل حداکثر کشش تا نقطه پارگی، درصد افزایش طول در نقطه پاره شدن (تغییر طول نمونه تقسیم بر طول اولیه ضرب در ۱۰۰) با استفاده از روش شماره D882-91 (انجمن آمریکایی آزمون و مواد) از روی منحنی های نیرو بر حسب تغییر شکل به دست آمدند. مقاومت کششی روکش ها از رابطه زیر محاسبه گردید [۷].

(ضخامت روکش × عرض روکش /حداکثر کشش تا نقطه پارگی)= مقاومت کششی

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده ها، با توجه به نرمال بودن داده ها و همگنی واریانس، با استفاده از روش آنالیز واریانس (ANOVA) استفاده شد. برای مقایسه میانگین داده ها از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد. تمام داده ها به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شد و ارزیابی ها در ۳ تکرار صورت پذیرفت. از نرم افزار (spss version 18) برای آنالیز داده ها و Excel برای رسم نمودارها استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی ویژگی های فیزیکی فیلم کتیرا

به طورکلی اندازه گیری فاکتور ضخامت در بررسی فاکتورهای فیزیکی و مکانیکی فیلم کمک می کند. ضخامت فیلم به ترکیبات تشکیل دهنده فیلم و فرآیند تولید فیلم بستگی دارد [۹]. با توجه به نتایج حاصل از ضخامت فیلم های کتیرا، با افزایش غلظت پلیمر مقادیر ضخامت به طور معنی داری افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). به طوریکه بیشترین مقادیر ضخامت در فیلم کتیرا ۱/۲۵٪ مشاهده شد و کمترین مقادیر در فیلم کتیرا ۰/۵ درصد

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]

مشاهده شد. در مجموع مقادیر ضخامت در مطالعه حاضر بین ۰/۰۲۹-۰/۰۵۶ میلی متر بود. افزایش غلظت پلیمر سبب افزایش مواد جامد محلول می شود که در نتیجه ضخامت فیلم افزایش می یابد [۹].

Table 1 Physical properties of tragacanth edible film

Polymer (%)	Thickness (mm)	Contact angle (º)	WVP ($\times 10^{-11}$ $gs^{-1}m^{-1}Pa^{-1}$)
Tragacanth 0.5%	0.029 ± 0.001^{d}	71.3 ± 3.3^{a}	0.8 ± 0.11^{c}
Tragacanth 0.75%	0.037 ± 0.003^{c}	67.26 ± 2.59^{ab}	1.17 ± 0.01^{c}
Tragacanth 1%	0.044 ± 0.002^{b}	63.67 ± 1.59^{ab}	1.68 ± 0.14^{b}
Tragacanth 1.25%	0.056 ± 0.001^{a}	63.99 ± 2.77^{b}	2.78 ± 0.26^{a}

- Means in each column with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

زاویهٔ تماس یکی از آزمونهای رایج در مورد تعیین میزان آب دوستی و قابلیت ترشوندگی سطحی فیلم ها می باشد. هر چه آب دوستی سطح کمتر شود، قطره را وامیدارد به شکلی در آید که سطح کمتری را داشته باشد. به عبارت دیگر زاویه‌ی تماس افزایش می یابد. بنابراین هر چه زاویه‌ی تماس قطره‌ی آب با فیلم بسته بندی بیشتر باشد، آن ماده قابلیت بیشتری برای اهداف بسته-بندی را دارا می باشد، و بالعکس. نتایج حاصل از زاویه تماس فیلم‌های مختلف (جدول ۱) در مطالعه حاضر بین ۷۱/۳-۶۳/۶۷ درجه بوده است به طوریکه با افزایش غلظت پلیمر زاویه تماس به طور معنی داری کاهش یافت. به طوریکه بیشترین مقادیر زاویه تماس در فیلم کتیرا ۰/۵٪ مشاهده شد و کمترین مقادیر در فیلم کتیرا ۱/۲۵٪ مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). در نتیجه بیشترین آبگریزی مربوط به فیلم کتیرا ۰/۵٪ بوده است و پتانسیل بهتری برای غلبه بر محدودیت های فرآیند آب گیری دارند [۱۰].

یکی از عوامل تاثیرگذار بر حفظ کیفیت و ماندگاری مواد غذایی بسته‌بندی شده، میزان نفوذپذیری بسته‌بندی آن به بخار آب می-باشد [۱۱]. با توجه به نتایج میزان نفوذ پذیری به بخار آب (جدول ۱) بین $\times 10^{-11}$ $gs^{-1}m^{-1}Pa^{-1}$ ۰/۸-۲/۷۵ بوده است که با افزایش غلظت پلیمر نفوذ پذیری به بخار آب نیز در فیلم ها افزایش یافت. به طوریکه بیشترین مقادیر نفوذ پذیری به بخار آب در فیلم کتیرا ۱/۲۵٪ مشاهده شد و کمترین مقادیر در فیلم کتیرا ۰/۵ و ۰/۷۵٪ مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). بنابراین می توان بیان نمود که افزایش غلظت پلیمر تاثیر مثبتی بر مقادیر نفوذ پذیری به بخار آب نداشته است و افزایش غلظت ساختار و شبکه فیلم را تحت تاثیر قرار داده است. نتایج مطالعه حاضر با نتایج گالوس و همکاران [۹] در ارتباط با افزودن نشاسته به فیلم پروتئین ایزوله سویا هم خوانی دارد آنها نیز اعلام نمودند با افزایش غلظت نشاسته مقادیر نفوذ پذیری به بخار آب افزایش می یابد.

فیلم ها و پوشش های خوراکی نه تنها باید خواص مکانیکی قابل قبول و بازدارندگی مناسبی در برابر رطوبت و گازها داشته باشند بلکه رنگ و براقیت آنها به خصوص در مواردی که به عنوان پوشش استفاده می شوند حائز اهمیت بوده و باعث جذاب دیده شدن ماده غذایی و جذب مشتری می گردد. با توجه به نتایج مربوط به نمودار ۱ با افزایش غلظت پلیمر مقادیر عبور نور از فیلم ها کاهش یافت. کمترین مقادیر عبور نور در فیلم کتیرا ۱و ۱/۲۵٪ مشاهده شد و بیشترین مقادیر در فیلم کتیرا ۰/۵٪ مشاهده شد. این تغییرات در فیلم ممکن است سبب کاهش تقاضا مصرف کننده ها جهت استفاده از بسته بندی های شفاف باشد اما در هر صورت کاهش روشنایی فیلم ممکن است سبب کاهش عبور نورهای مرئی و فرابنفش از فیلم شود در نتیجه تغییرات رنگ و طعم، از دست دادن مواد مغذی و در نهایت فساد اکسیداتیو مواد غذایی را کند می کند [۱۲، ۱۳].

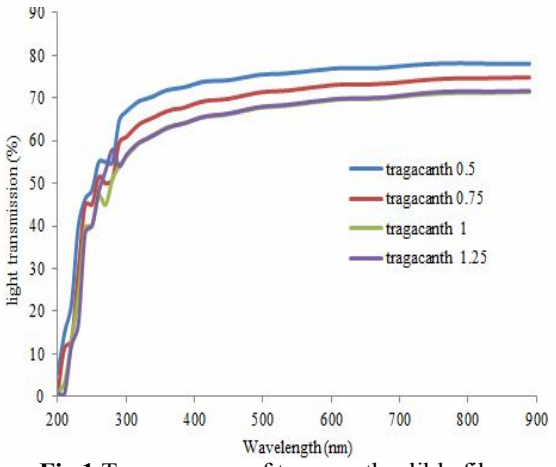


Fig 1 Transparency of tragacanth edible film

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]

۳-۲ بررسی ویژگی های مکانیکی فیلم کتیرا

ویژگی‌های مکانیکی یک فیلم مانند مقاومت به کشش و انعطاف‌پذیری، تعیین‌کننده کاربرد نهایی آن است [۱٤]. ویژگی-های مکانیکی فیلم تحت تاثیر عوامل مختلفی نظیر روش تهیه فیلم، نوع پلیمر و همچنین نوع و میزان نرم‌کننده است. با توجه به نتایج (جدول ۲) غلظت های مختلف کیترا تاثیری بر مقاومت کششی فیلم های خوراکی نداشت. اما با افزایش غلظت پلیمر، حداکثر کشش تا قبل از نقطه پارگی افزایش یافت و کمترین مقادیر حداکثر کشش تا قبل از نقطه پارگی در فیلم کتیرا ۰/۵٪ مشاهده شد و بیشترین مقادیر در فیلم کتیرا ۱/۲۵٪ مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). حداکثر کشش تا قبل از نقطه پارگی، انعطاف پذیری فیلم را نشان می دهد و انعطاف پذیری برای حفظ یکپارچگی فیلم در بسته بندی مواد غذایی بسیار مهم است [۹، ۱۵]. افزایش غلظت کتیرا در فیلم سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب در فیلم و در نتیجه سبب افزایش حداکثر کشش تا قبل از نقطه پارگی فیلم می شود. نتایج مطالعه حاضر با نتایج موردینا و همکاران [۱٦] مطابقت دارد آنها اعلام نمودند افزودن آلژینات سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب و سبب تولید ماتریس ژل بهتر می شود که می تواند سبب افزایش طول فیلم خوراکی شود.

Table 2 mechanical properties of tragacanth edible film

Polymer (%)	TS (MP)	E (%)
Tragacanth 0.5%	21.91±3.18[a]	39.5±7.4[c]
Tragacanth 0.75%	21.06±4.20[a]	45.67±8.93[bc]
Tragacanth 1%	21.53±0.81[a]	52.56±4.75[b]
Tragacanth 1.25%	21.47±2.51[a]	76.84±6.14[a]

* Means in each column with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

۳-۳ آزمون میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM) فیلم کتیرا

به منظور بررسی خصوصیات میکروساختار بیوپلیمرهای تولید شده از سطح و مقطع عرضی فیلم های تولیدشده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی عکس برداری گردید. بررسی خصوصیات ریزساختار در بیوپلیمرها می تواند عاملی مهم در درک رفتار و خواص آن بیوپلیمر باشد [۱۷]. تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی گرفته شده از سطح فیلم ها اطلاعات مفیدی از بستر بیوپلیمر را در اختیار قرار می دهد. با توجه به نتایج ارائه شده در شکل ۱، فیلم های کتیرا تا سطح ۰/۷۵ درصد سطحی بدون حفره و ترک را دارا بودند اما در فیلم کتیرا ۱و ۱/۵ درصد شکافهایی بر روی سطح فیلم ایجاد شد. نتایج مطالعه حاضر با نتایج کاظمی و همکاران [۱۸] در ارتباط با افزودن نانوفیبر سلولز به فیلم نانوکامپوزیتی حاصل از پروتیئن ماهی و الماسی و همکاران [۱۹] در ارتباط با افزودن نانوفیبر سلولز به فیلم بیوپایمر پلی لاکتیک اسید هم خوانی دارد. آنها نیز اعلام نمودند با افزایش غلظت پلیمر شکافهایی در سطح فیلم مشاهده شد.با توجه به نتایج مربوط به ویژگی های فیزیکی غلظت های ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد در اکثر موارد بهتر از سایر فیلم ها بودند، اما در ارتباط با ویژگی مکانیکی حداکثر کشش تا قبل از نقطه پارگی، غلظتهای بالاتر فیلم مناسبتر بودند. بنابر این در این مطالعه به منظور بررسی تاثیر نرم کننده بر ویژگی فیلم کتیرا از فیلم ۰/۷۵ درصد استفاده شد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]

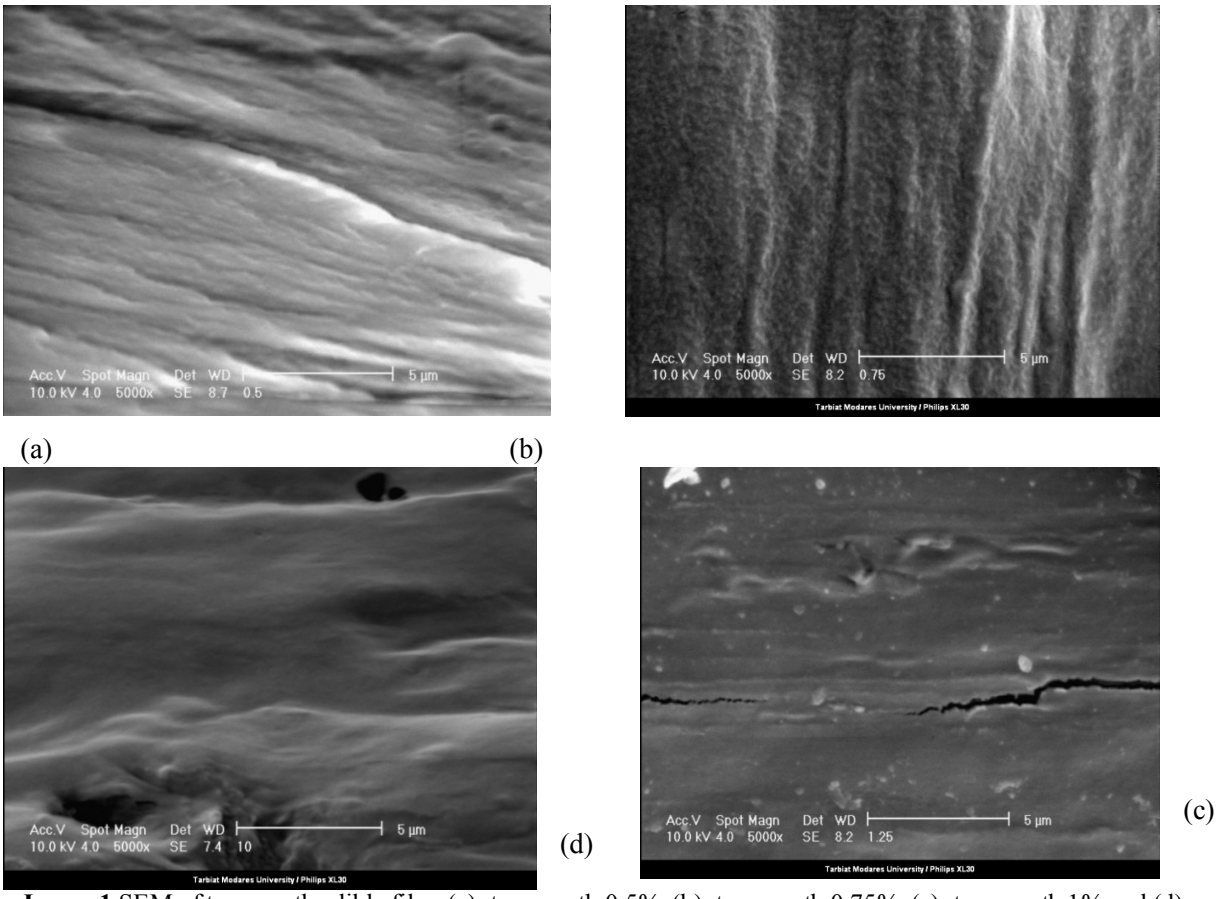


Image 1 SEM of tragacanth edible film: (a): tragacanth 0.5%, (b): tragacanth 0.75%, (c): tragacanth 1% and (d): tragacanth 1.25%

۳-٤- بررسی ویژگی هـای فیزیکـی فـیلم هـای حاوی گلیسرول

ضخامت مربوط به فیلم کتیرا (جدول ۳) حاوی غلظتهای مختلف نرم کننده بین ۰/۰۵-۰/۰٤ میلی متر بوده است. با افزایش غلظت نرم کننده، مقادیر ضخامت به طور معنی داری افزایش یافت و بیشترین مقادیر در فیلم کتیرا حاوی گلیسرول ٤۰٪ مشاهد شد (P<۰/۰۵). علت این امر می تواند تعامل گلیسرول با پلیمر فیلم های خوراکی از طریق اشغال حفره های خالی ماتریس باشد که و در نتیجه سبب افزایش فاصله بین پلیمر و افزایش ضخامت می شود [۲۰]. علاوه بر این، غلظت بالاتر گلیسرول می تواند توانایی جذب رطوبت را تا حدی افزایش دهد و با توجه به فرآیند تورم باعث افزایش ضخامت فیلم شود [۱۱]. نتایج مطالعه حاضر با نتایج کوکزکا و همکاران [۲۱] در ارتباط با فیلم ایزوله پروتئین سویا به همراه نرم کننده گلیسرول، سانگ و همکاران [۲۲] در ارتباط با فیلم پروتیئنی سبوس جو-ژلاتین حاوی نرم کننده سوربیتول هم خوانی دارد.

Table 3 Physical properties of edible film with glycerol

glycrol (%)	Thickness (mm)	Contact angle (º)	WVP ($\times 10^{-11}$ $gs^{-1}m^{-1}Pa^{-1}$)
Glycerol 20%	0.04 ± 0.003^{b}	54.2 ± 0.56^{c}	2.62 ± 0.09^{b}
Glycerol 30%	0.04 ± 0.001^{b}	58.37 ± 0.95^{b}	2.96 ± 0.10^{a}
Glycerol 40%	0.048 ± 0.007^{a}	75.37 ± 1.67^{a}	3.03 ± 0.02^{a}

* Means in each column with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]

همان طور که می‌دانیم زاویه تماس با افزایش آب‌دوستی پلیمر، کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج (جدول ۳) با افزایش غلظت نرم کننده زاویه تماس افزایش یافت به طوریکه بیشترین مقادیر زاویه تماس در فیلم حاوی گلسیرول ٤٠٪ مشاهده شد و کمترین مقادیر در فیلم حاوی گلیسرول ۲۰٪ مشاهده شد. بر اساس گزارش محققان در تولید فیلم به روش قالب‌گیری دو سوی یک فیلم از نظر میزان آب‌گریزی و آب‌دوستی یکسان نمی‌باشند، بخشی از نرم‌کننده در بستر پلیمری وارد واکنش نگردیده و به صورت آزاد در در غلظت زیاد بین قالب و سطح فیلم به دام انداخته می‌شوند در نتیجه انتظار می‌رود میزان آب‌دوستی سطح زیرین فیلم در مقایسه با سطح فوقانی در تماس بیشتری با هواست، بیشتر باشد [۲۲]. پس احتمال داده می‌شود نرم کننده گلیسرول بخش آزاد و واکنش نیافته بیشتری داشته، لذا تمایل این نرم کننده به سمت زیرین افزایش یافته و در نهایت سطح رویی فیلم تولیدی از ماهیت آب‌گریزی بیشتری برخوردار است [۲۳].

با توجه به نتایج (جدول ۳) با افزایش غلظت گلیسرول نفوذ پذیری به بخار آب در فیلم ها افزایش یافت. به طوریکه بیشترین مقادیر نفوذ پذیری به بخار آب در فیلم حاوی گلسیرول ۳۰ و ٤٠٪ مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). گلیسرول در آب محلول است و بخار آب به راحتی می تواند از آن عبور کند. همچنین، به دلیل اینکه گلیسرول بین زنجیره های پلیمر قرار می گیرد، فاصله بین زنجیره ها افزایش می یابد و بخار آب از همین منافذ فیلم عبور می کنند و همین امر باعث افزایش نفوذ پذیری به بخار آب می شود [٢٤] و با افزایش غلظت این خاصیت افزایش می یابد. نتایج مشابه در ارتباط با افزودن نرم کننده به فیلم‌های هیدروکلوئیدی مانند فیلم حاصل از موسیلاژ دانه مریم گلی [۲۵]، موسیلاژ دانه چیا [٢٦]، گزارش شده است که با نتایج به دست آمده از این تحقیق مطابقت داشت.

با توجه به نتایج ارائه شده در نمودار ۲ افزایش غلظت گلیسرول تاثیری بر عبور نور فیلم ها نداشت. Nemet و همکاران [۲۷] به بررسی تاثیر غلظتهای مختلف گلیسرول بر فیلم پروتئین میوفبلیر پرداختند. آنها نیز اعلام نمودند غلظتهای مختلف گلیسرول تاثیری بر عبور نور فیلم نداشت.

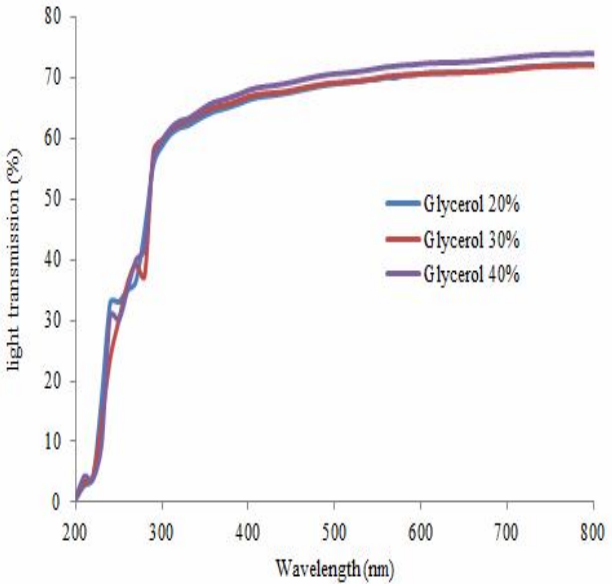


Fig 2 Transparency of edible film with glycerol

۳-۵- بررسی ویژگی های مکانیکی فیلم های حاوی گلیسرول

نتایج مربوط به افزودن گلیسرول (جدول ٤) به فیلم کتیرا ۰/۷۵٪ نشان داد با افزایش غلظت نرم کننده، مقاومت کششی کاهش یافت و کمترین مقادیر در فیلم کتیرا حاوی گلسیرول ٤٠٪ مشاهد شد ($P<۰/۰۵$). اما با افزایش غلظت نرم کننده، حداکثر کشش تا قبل از نقطه افزایش پارگی یافت. کمترین مقادیر حداکثر کشش تا قبل از نقطه پارگی در فیلم کتیرا حاوی گلیسرول ۲۰٪ مشاهده شد و بیشترین مقادیر در فیلم کتیرا حاوی گلیسرول ٤٠٪ مشاهد شد. در توضیح اثر نرم‌کننده بر خواص مکانیکی فیلم های تولیدی گزارش شده است که نرم‌کننده‌ها از طریق پیوندهای هیدروژنی بین زنجیره‌های پلیمر پلی‌ساکاریدی، سبب افزایش تحرک زنجیره‌های پلیمری و افزایش انعطاف‌پذیری و در نتیجه کاهش مقاومت به کشش می‌گردند [۱۱، ۲۳ و ۲۸]. همان طوری که اشاره شده حضور نرم‌کننده سبب بهبود خواص مکانیکی فیلم و افزایش انعطاف‌پذیری می‌شود اما قابل ذکر است که افزایش مصرف نرم کننده در فرمولاسیون تولید فیلم سبب تضعیف خواص مکانیکی فیلم و محدود کردن کاربردهای نهایی فیلم می‌گردد، در همین راستا محققان گزارش کردند که انعطاف‌پذیری فیلم پلی‌ساکاریدی نشاسته در حضور گلیسرول به عنوان نرم‌کننده، افزایش یافته و افزایش غلظت گلیسرول سبب کاهش

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]

مقاومت به کشش و تضعیف خواص مکانیکی فیلم تولیدی گردید [۲۵]. که با نتایج به دست آمده از این تحقیق مبنی بر افزایش سطح نرم کننده در کاهش مقاومت به کشش فیلم های تولیدی مطابقت داشت. نتایج مشابه ناشی از اثر نرم‌کننده در کاهش مقاومت به کشش در فیلم‌های هیدروکلوئیدی پلی‌ساکاریدی مانند فیلم حاصل از موسیلاژ دانه مریم‌گلی [۲۵]، موسیلاژ دانه چیا [۲۶]، موسیلاژ دانه تارا [۲۳] گزارش شده است.

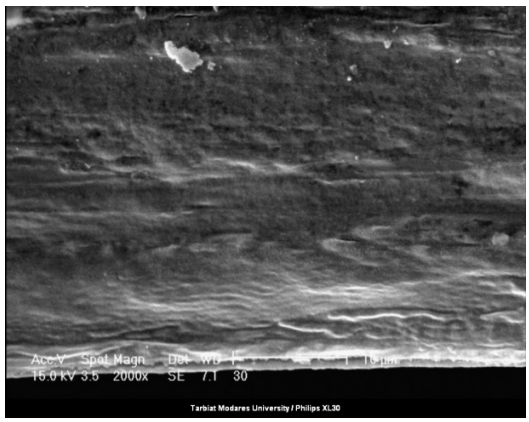
Table 4 Mechanical properties of edible film with glycerol

glycrol (%)	TS (MP)	E (%)
Glycerol 20%	23.27±3.45[a]	21.71±4.30[c]
Glycerol 30%	17.39±2.58[ab]	42.11±2.99[bc]
Glycerol 40%	11.34±1.68[b]	72.17±3.09[a]

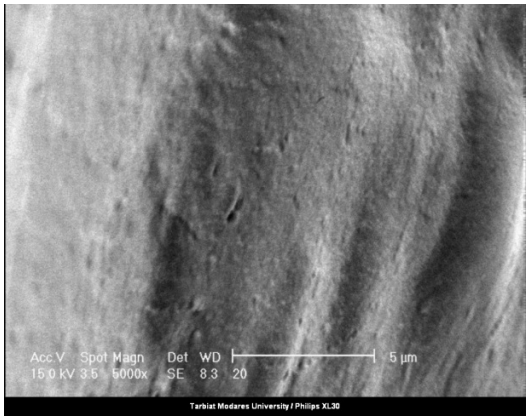
* Means in each column with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

۳-۶ آزمون میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM) فیلم حاوی گلیسرول

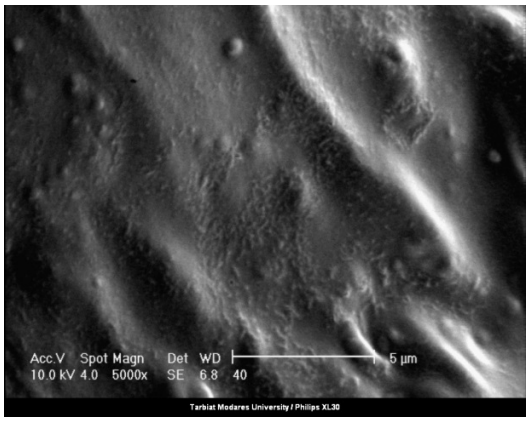
همان طور که از تصویر میکروسکوپ الکترونی مشاهده می شود (شکل ۲) با افزایش غلظت نرم کننده گلیسرول، زبری سطح فیلم ها کاهش یافت و سطح فیلم ها همگن تر و یکنواخت تر شد.



(A)



(B)



(c)

Image 2: SEM of edible film with glycerol: (a): glycerol 20%, (b): glycerol 30% and (c): glycerol 40%

نتایج مطالعه حاضر با نتایج سانیانگ و همکاران [۲۹] در ارتباط با افزودن گلیسرول به فیلم نشاسته و اسماعیلی و همکاران [۳۰] در ارتباط با افزودن گلیسرول در فیلم صمغ چرخک هم خوانی دارد.

٤- نتیجه گیری کلی

در این مطالعه در ابتدا ویژگی های فیزیکی و مکانیکی غلظتهای مختلف فیلم کتیرا شامل ۰/۵، ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ جهت یافتن بهترین غلظت پلیمر بررسی شد. نتایج مورد بررسی نشان داد با افزایش غلظت پلیمر ضخامت و نفوذ پذیری به بخار آب افزایش و زاویه تماس کاهش یافت و در مجموع غلظت های پایین تر از لحاظ ویژگی های فیزیکی مناسبتر بودند همچنین با توجه به

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]

تصویر میکروسکوپ الکترونی سطح صاف و بدون شکافی را دارا بودند. اما در ارتباط با ویژگی مکانیکی حداکثر کشش تا قبل از نقطه پارگی، غلظتهای بالاتر فیلم مناسبتر بودند اما در ارتباط با مقاومت کششی غلظت های مختلف، اختلافی با هم نداشتند. بنابر این به نظر می رسد فیلم کتیرا با غلظت۰/۷۵ درصد، مناسبترین فیلم باشد. در فاز بعدی به منظور بررسی تاثیر نرم کننده بر فیلم کتیرا غلظتهای مختلف گلیسرول شامل ۲۰، ۳۰ و ٤۰ درصد به فیلم کتیرا ۰/۷۵٪ افزوده شد و ویژگی های فیزیکی، ساختاری و مکانیکی فیلم بررسی شد، نتایج نشان داد فیلم کتیرا حاوی گلیسرول ۲۰ درصد بهترین خواص مکانیکی، ساختاری و فیزیکی را دارا بود. با توجه به نتایج مطالعه حاضر به نظر می رسد فیلم زیست تخریب پذیر کتیرا با غلظت ۰/۷۵ درصد به همراه نرم کننده گلیسرول پتانسیل فراوانی جهت کاربرد در بسته بندی مواد غذایی دارد.

۵- منابع

[1] Bertuzzi, M.A., Vidaurre, E.F.C., Armada, M. Gottifredi J.C. 2007. Water vapor permeability of edible starch based films. Journal of Food Engineering. 80: 972–978.

[2] Farahnaky, A., Majzoobi, M., Mesbahi, G. 2009. Characteristics and uses of hydrocolloids in food and pharmaceutical,Tehran, Iranian Agricultural Science Publishing, 252.

[3] Ghanbarzade, B., Almasi, H., Entezari, A. A. 2010. Physical properties of edible modified \starch/carboxymethyl cellulose films. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 11: 697-702.

[4] Lafargue, D., Lourdin, D., Doublier, J. L., 2007. Film-forming properties of a modified starch/jcarrageenan mixture in relation to its rheological behavior. Carbohydrate Polymers. 70:101–111.

[5] Gontard, N., Guilbert, S., Cuq, J. L. 1993. Water and glycerol as plasticizers effect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. J Food Sci. 58 (1): 206–211.

[6] Wang, Y., Li a, Y., Luo Y., Huang, M., Liang, Z. 2011. Synthesis and characterization of a novel biodegradable thermoplastic shape memory polymer. Materials Letters. 63: 347–349.

[7] ASTM 1996. standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting, D882-91. Annual book of ASTM. Philadelphia, PA: American society for Testing and Material.

[8] Alboofetileh, M., Rezaei, M., Hosseini, H., Abdollahi, M. 2013. Effect of Nanoclay and Cross-Linking Degree on the Properties of Alginate-Based Nanocomposite Film. Journal of Food Processing and Preservation. 38: 1622-1631.

[9] Galus, S., Lenart, A., Voilley, A., Debeaufort, F. 2013. Effect of oxidized potato starch on the physicochemical properties of soy protein isolate-based edible films. Food Technology and Biotechnology. 51(3): 403-409.

[10] Tang, C.H., Jiang. Y. 2007. Modulation of mechanical and surface hydrophobic properties of food protein films by transglutaminase treatment, Food Res. Int. 40: 504–509.

[11] Ahmadi, E., Sareminezhad, S., Azizi, M.H. 2011. The effect of ultrasound treatment on some properties of methylcellulose films. Food Hydrocolloids. 25:1399-1401.

[12] Rubilar, J.F., Cruz, R.M.S., Silva, H.D., Vicente, A.A., Khmelinskii, I.. Vieira, M.C. 2013. Physico-mechanical properties of chitosan films with carvacrol and grape seed extract. J. Food Eng. 115: 466–474.

[13] Arrieta, M.P., Peltzer, M.A., Lopez, J., Garrigos, M.D., Valente, A.J.M., Jimenez, A. 2014. Functional properties of sodium and calcium caseinate antimicrobial active films containing carvacrol. J. Food Eng. 121: 94–101.

[14] Pranoto, Y., Salokhe, V.M., Rakshit, S.K., 2005. Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil. Food Research International. 38: 267–272.

[15] Martins, J.T., Cerqueira, M.A., Bourbon, A.I., Pinheiro, A. C., Souza, B.W.S., Vicente, A.A. 2012. Synergistic effects between κ-carrageenan and locust bean gum on physicochemical properties of edible films made thereof. Food Hydrocolloids. 29: 280-289.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]

[16] Murdinah, Darmawan, M., Fransiska, D. 2007. Characteristics of edible film of the composite alginate, gluten and beeswax. Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan. 2(1): 19-25.

[17] Frinault., A. 1997. Proparation of casein films by a modified wet spinning process. Journal of Food Science. 62(4): 774-747.

[18] Kazemi, M., Shabanpour, B., Pourashouri, P. 2015. Evaluation of physical properties of nanocomposite films produced by fish myofibrillar protein reinforced with nanofibrillated cellulose. Journal of Fisheries Science and Technology. 4 (3):117-131 [In Persian].

[19] Almasi, H., Ghanbarzadeh, B., Dehghannia, J., Entezami, A.A., Khosrowshahi Asl, A. 2013. Studing the effect of modified cellulose nanofibers on the functional properties of poly (lactic acid) based biodergradable packaging. Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology. 2(3): 205-218 [In Persian].

[20] Arham, R., Mulyati, M.T., Metusalach, M., Salengke, S. 2016. Physical and mechanical properties of agar based edible film with glycerol plasticizer. International Food Research Journal. 23(4): 1669-1675.

[21] Kokoszka, S., Debeaufort, F., Hambleton, A., Lenart, A. and Voilley, A. 2010. Protein and glycerol contents affect physico-chemical properties of soy protein isolate-based edible films. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 11: 503-510.

[22] Song, H.Y., Shin, Y.J., Song, K.B. 2012. Preparation of a barley bran protein–gelatin composite film containing grapefruit seed extract and its application in salmon packaging. Journal of Food Engineering.113: 541-547.

[23] Antoniou, J., Liu, F., Majeed, H., Qazi, H. J., Zhong, F. 2014. Physicochemical and thermomechanical characterization of tara gum edible films: Effect of polyols as plasticizers. Carbohydrate Polymers.

[24] Fazel, M., Azizi, M. H., Abbasi,S., Barzegar, M. 2012. Effect of tragacanth, glycerol and sunflower oil on potato starch based edible films. Journal of Food Science and Technology. 9 (34): 97-106 [In Persian].

[25] Razavi, S.M.A., Mohammad Amini, A., Zahedi, Y. 2015. Characterisation of a new biodegradable edible film based on sage seed gum: influence of plasticiser type and concentration. Food Hydrocolloids. 43: 290–298.

[26] Dick, M., Costa, T. M. H., Gomaa, A., Subirade, M., de Oliveira Rios, A., Flôres, S. H. 2015. Edible film production from chia seed mucilage: Effect of glycerol concentration on its physicochemical and mechanical properties. Carbohydrate Polymers. 130: 198- 205.

[27] Nemet, N.T., Soso, V.M., Lazic, V.L. 2010. Effect of glycerol content and pH value of film-forming solution on the functional properties of protein-based edible films. APTEFF. 41: 57-67.

[28] Jouki, M., TabatabaeiYazdi, F., Mortazavi, S. A., Koocheki, A. 2013. Physical, barrier and antioxidant properties of a novel plasticized edible film from quince seed mucilage. International journal of biological macromolecules. 62: 500-507.

[29] Sanyang, M. L., Sapuan, S. M., Jawaid. M., Ishak, M. R., Sahari. J. 2016. Effect of plasticizer type and concentration on physical properties of biodegradable films based on sugar palm (*arenga pinnata*) starch for food packaging. 53(1): 326–336.

[30] Esmaili, S., Mohammadzadeh Milani, J., Kasaei, M. 2015. Evaluating the effect, type and concentration of plasticizers on properties of edible films made from Charkhak gum. 3(4):317-330 [In Persian].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]

The effect of different concentration of polymer and plasticizer on the physical, microstructure and mechanical characteristics of tragacanth edible film for use in food packaging

Bahram, S. [1*], Jafarpoor, S. Z. [2]

1. Department of Fisheries, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran
2. Graduated of aquaculture, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran

(Received: 2017/04/29 Accepted:2018/04/11)

Appropriate concentration of base material and plasticizer is required to obtain good physical and mechanical properties of edible film for food packaging and preservation functions. The aim of this study was to obtain the best combination of the base material and plasticizer in the manufacture of tragacanth films based on physical, structure and mechanical properties. For this reasons at the first the mechanical, structure and physical properties of different concentrations of tragacanth (0.5, 0.75, 1 and 1.25%) were studied. The results showed, increasing tragacanth concentrations resulted in the increase in the film thickness, elongation at break (E) and water vapor properties, but decreased the contact angle and transmittance of film. According to the results the best concentration of tragacanth was 0.75%, and different concentration of glycerol (20, 30 and 40%) was added to this film. The results showed that, tragacanth film with lower concentration of glycerol had the better mechanical, structure and physical propertis. All in all, the best concentration combination of tragacanth and glycerol in this study was 0.75 and 20%, respectively

Key word: Edible films, Tragacanth, Glycerol, Film properties

* Corresponding Author E-Mail Address: Bahramsomi@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]